

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum

26. Juni 2014 (26.06.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2014/094950 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/40 (2006.01) F02D 41/02 (2006.01)

F02D 41/00 (2006.01)

FLECKHAMMER, Markus; Muntentriedstrasse 6, 88048
Friedrichshafen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/003464

(74) Anwalt: WINTER, Josef; Tognum AG, Intellectual
Property/CLP, Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen
(DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

18. November 2013 (18.11.2013)

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2012 223 989.8

20. Dezember 2012 (20.12.2012)

DE

(71) Anmelder: MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH
[DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: PROTHMANN, Michael; Sauerbruchweg 6,
88048 Friedrichshafen (DE). BALDAUF, Johannes; Am
Schwarzenbach 33/1, 88239 Wangen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR REDUCING THE PARTICLE EMISSIONS OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND
ENGINE CONTROLLER

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR REDUZIERUNG DER PARTIKELEMISSION EINES VERBRENNUNGSMOTORS
UND MOTORSTEUERGERÄT

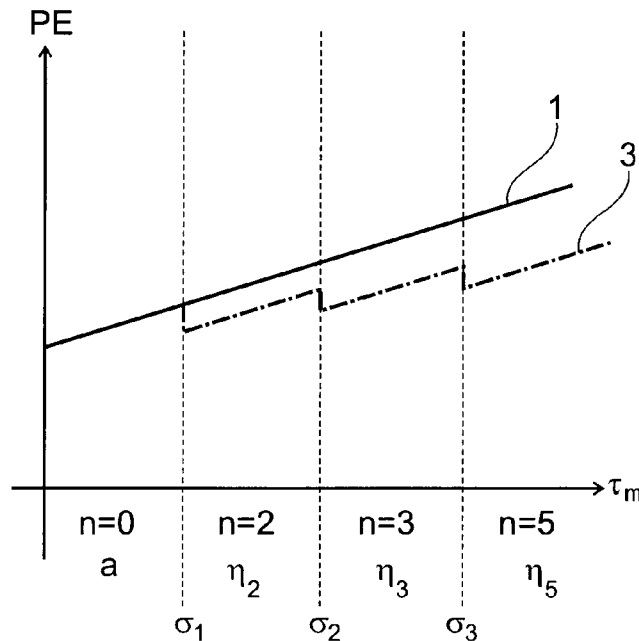


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention relates to a
method for reducing the particle emissions of an
internal combustion engine over its service life. There
is provision here that the number of cylinders of the
internal combustion engine in which post-injection is
carried out is incrementally increased during the
service life of the internal combustion engine.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein
Verfahren zur Reduzierung der Partikelemission eines
Verbrennungsmotors über dessen Lebensdauer. Dabei
ist vorgesehen, dass eine Anzahl von Zylindern des
Verbrennungsmotors, in denen eine Nacheinspritzung
durchgeführt wird, während der Lebensdauer des
Verbrennungsmotors schrittweise erhöht wird.



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Verfahren zur Reduzierung der Partikelemission eines Verbrennungsmotors und Motorsteuergerät

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung der Partikelemission eines Verbrennungsmotors über dessen Lebensdauer gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie ein Motorsteuergerät gemäß Oberbegriff des Anspruchs 9.

Bei Verbrennungsmotoren besteht das generelle Problem, dass mit steigender Motorlaufzeit, also mit zunehmender Alterung des Motors, höhere Partikelemissionen anfallen. Dies ist zumindest teilweise darauf zurückzuführen, dass die Zylinder aufgrund von Alterungserscheinungen, beispielsweise Verkokungen, in einem Ansaugtakt mit einer geringeren Menge an Brennluft gefüllt werden. Es ist bekannt, Partikelemissionen von Verbrennungsmotoren dadurch zu senken, dass eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, wobei in einem Zylinder in dessen Zündtakt nach oder noch während der eigentlichen, drehmomentwirksamen Verbrennung eine zusätzliche Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird. Gemäß einer ersten, allerdings umstrittenen Theorie bewirkt diese Nacheinspritzung, dass die in einem Brennraum des Zylinders vorhandenen und in eine Abgasleitung ausgestoßenen Rußpartikel zu Asche verglühen. Gemäß einer zweiten Theorie wird die Abgastemperatur durch die Nacheinspritzung angehoben, was eine Partikelreduktion in der weiteren Abgasnachbehandlung effizienter macht.

Nachteilig hierbei ist, dass eine dauerhaft über die gesamte Lebensdauer des Verbrennungsmotors durchgeführte Nacheinspritzung zu einem erhöhten Verschleiß von Kraftstoffinjektoren führt, wodurch ein vorzeitiger Tausch derselben nötig oder die Motorlebensdauer insgesamt verkürzt wird.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, welches es ermöglicht, die während der Lebensdauer eines Verbrennungsmotors steigende

Partikelemissionen zu reduzieren und zugleich einen Verschleiß der Injektoren so gering wie möglich zu halten. Aufgabe der Erfindung ist es auch, ein Motorsteuergerät zu schaffen, welches zur Durchführung eines solchen Verfahrens geeignet ist.

Die Aufgabe wird gelöst, indem ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 geschaffen wird. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass eine Anzahl von Zylindern des Verbrennungsmotors, in denen eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, während der Lebensdauer des Verbrennungsmotors schrittweise erhöht wird. Vorzugsweise wird die Anzahl in Abhängigkeit von mindestens einem Parameter schrittweise erhöht. Dieser Vorgehensweise liegt der Gedanke zugrunde, dass die Partikelemission mit der Lebensdauer des Motors typischerweise stetig ansteigt, sodass es nicht notwendig ist, gleich zu Beginn der Lebensdauer, also in einem Neuzustand des Motors, einen maximalen Aufwand zur Reduktion der Partikelemission zu betreiben. Vielmehr ist erkannt worden, dass der zur Partikelemission zu betreibende Aufwand schrittweise an die mit der Lebensdauer typischerweise steigende Partikelemission angepasst werden kann. Indem somit die Anzahl von Zylindern, in denen eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, welche hier auch als nacheinspritzende Zylinder oder als Zylinder mit Nacheinspritzung bezeichnet werden, schrittweise erhöht wird, wird eine permanente Nacheinspritzung während der gesamten Lebensdauer des Verbrennungsmotors in allen Zylindern vermieden. Somit werden jedenfalls die Injektoren der Zylinder, in denen keine Nacheinspritzung durchgeführt wird, vor überhöhtem Verschleiß bewahrt. Entsprechend werden bevorzugt stets so wenige Injektoren wie möglich durch eine Nacheinspritzung belastet, wobei noch eine zumindest ausreichende Reduktion der Partikelemission erreicht wird. Zugleich ermöglicht eine Anpassung der Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder an die Lebensdauer des Verbrennungsmotors und damit vorzugsweise auch an die steigende Partikelemission, diese bedarfsgerecht zu reduzieren.

Es zeigt sich somit, dass die mit der Lebensdauer steigende Partikelemission zum Teil oder vollständig dadurch kompensiert wird, dass eine Nacheinspritzung selektiv für bestimmte Zylinder aktiviert wird.

Mit einer Lebensdauer des Motors ist hier quasi die Lebensphase insbesondere von der ersten Inbetriebnahme des Verbrennungsmotors bis zu dessen endgültiger Außerbetriebsetzung angesprochen.

Es wird ein Verfahren bevorzugt, dass sich dadurch auszeichnet, dass im Neuzustand des Verbrennungsmotors in keinem der Zylinder eine Nacheinspritzung durchgeführt wird. Dieser Vorgehensweise liegt der Gedanke zugrunde, dass der Verbrennungsmotor in seinem Auslieferungs- oder Neuzustand nur eine vergleichsweise geringe Partikelemission aufweist, die nicht durch eine Nacheinspritzung reduziert werden muss. So ist es möglich, die Injektoren jedenfalls im Neuzustand des Verbrennungsmotors vor einer zusätzlichen Belastung durch eine Nacheinspritzung zu bewahren. Bei einer alternativen Ausführungsform des Verfahrens ist es möglich, dass bereits im Neuzustand in mindestens einem Zylinder eine Nacheinspritzung durchgeführt wird. Dies kann erfolgen, um die Partikelemissionen im Neuzustand zu reduzieren, oder um mindestens einen anderen Effekt, insbesondere in Hinblick auf eine Abgasnachbehandlung, zu bewirken. Dabei ist es insbesondere möglich, dass quasi eine reguläre Nacheinspritzung, wie sie allgemein bekannt ist, für mindestens einen Zylinder vorgesehen ist. Ausgehend von der im Neuzustand vorliegenden Anzahl von Zylindern, in denen eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, ist dann eine schrittweise Erhöhung während der Lebensdauer des Verbrennungsmotors möglich.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, dass sich dadurch auszeichnet, dass die Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder schrittweise in Abhängigkeit von einer Lauf- oder Betriebszeit, insbesondere von einem konkreten Wert der Laufzeit mindestens einer Motorkomponente, – vorzugsweise gemessen in Betriebsstunden – von einer Streckenleistung und/oder von einem Wert für eine Partikelkonzentration im Abgas erhöht wird. Es ist möglich, die Laufzeit – vorzugsweise gemessen in Betriebsstunden – oder die Streckenleistung des Verbrennungsmotors selbst als mindestens einen Parameter heranzuziehen, um abhängig hiervon die Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder schrittweise zu erhöhen. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, die Laufzeit mindestens einer Motorkomponente als mindestens einen Parameter heranzuziehen. Beispielsweise kann die Laufzeit mindestens eines Injektors – vorzugsweise gemessen in Betriebsstunden – betrachtet werden. Es ist möglich, die Laufzeit mehrerer Motorkomponenten als Parameter heranzuziehen, wobei besonders bevorzugt die Laufzeiten aller Injektoren des Verbrennungsmotors berücksichtigt werden. Eine Streckenleistung des Verbrennungsmotors wird bevorzugt dann als Parameter herangezogen, wenn der Verbrennungsmotor dem Antrieb eines Fahrzeugs dient, sodass es sinnvoll ist, eine von dem Fahrzeug zurückgelegte Strecke als Maß für die Alterung des Verbrennungsmotors heranzuziehen. Dabei ist es möglich, die Streckenleistung –

vorzugsweise in km – anzugeben. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, ein Lastprofil des Verbrennungsmotors als Parameter heranzuziehen. Dabei spricht der Begriff des Lastprofils insbesondere eine von dem Verbrennungsmotor im Laufe seiner bisherigen Laufzeit – bis zu einem aktuell betrachteten Zeitpunkt – insgesamt abgegebene Leistung, beziehungsweise eine über die Zeit aufintegrierte Gesamtleistung, mithin eine von dem Verbrennungsmotor bisher insgesamt abgegebene Energiemenge, vorzugsweise gemessen in kWh, an. Ein Lastprofil wird insbesondere bevorzugt herangezogen, wenn der Verbrennungsmotor im Rahmen einer Anwendung verwendet wird, die eine Zähleinrichtung zur Erfassung der abgegebenen Leistung, insbesondere in kWh, umfasst. Der Heranziehung eines Lastprofils als Parameter entspricht der Gedanke, dass Alterungserscheinungen des Verbrennungsmotors rascher auftreten, wenn dieser dauerhaft eine höhere Leistung abgibt beziehungsweise höher belastet wird, als wenn er dauerhaft eine geringere Leistung abgibt beziehungsweise in geringeren Lastpunkten betrieben wird. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, einen Wert für eine Partikelkonzentration im Abgas als mindestens einen Parameter heranzuziehen, der zumindest in Zeitintervallen, insbesondere bevorzugt in vorherbestimmten Zeitintervallen, gemessen wird. Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird der Wert für die Partikelkonzentration kontinuierlich gemessen. Der Wert wird vorzugsweise mithilfe einer Messeinrichtung, beispielsweise einer Sonde oder einer auf Streulicht basierenden Messeinrichtung gemessen.

Es zeigt sich, dass für die schrittweise Erhöhung der Anzahl von Zylindern mit Nacheinspritzung während der Lebensdauer des Verbrennungsmotors keinesfalls zwingend eine Zeitabhängigkeit herangezogen wird. Vielmehr ist es möglich, eine Vielzahl anderer Parameter für das Verfahren zu verwenden, die nicht selbst Zeiten darstellen, sondern mittelbar mit der Laufzeit des Verbrennungsmotors oder mit der Laufzeit von Komponenten desselben zusammenhängen.

Bevorzugt wird die Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder erhöht, wenn ein vorherbestimmter Schwellenwert der betrachteten Größe beziehungsweise des mindestens einen Parameters erreicht oder überschritten wird. Hierzu wird bevorzugt der mindestens eine Parameter kontinuierlich oder in vorzugsweise regelmäßigen Zeitintervallen erfasst und mit dem Schwellenwert verglichen. Es ist demnach möglich, dass die Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder erhöht wird, wenn die Laufzeit mindestens einer Motorkomponente, vorzugsweise des Verbrennungsmotors selbst, –

vorzugsweise gemessen in Betriebsstunden – einen vorherbestimmten Schwellenwert, insbesondere eine vorherbestimmte Anzahl von Betriebsstunden, erreicht oder überschreitet. Ebenso ist es möglich, einen Schwellenwert für die Streckenleistung, für das Lastprofil und/oder einen Schwellenwert für die Partikelkonzentration heranzuziehen.

Es zeigt sich, dass die Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder vorzugsweise nicht einmalig, sondern während der Lebensdauer des Verbrennungsmotors mehrfach erhöht wird. Es sind daher vorzugsweise mehrere vorherbestimmte Schwellenwerte vorgesehen, bei deren Erreichen oder Überschreiten die Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder weiter erhöht wird.

Generell ist es möglich, die Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder um einen Zylinder zu erhöhen. Alternativ ist es möglich, die Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder um zwei oder mehr Zylinder zu erhöhen. Es ist nicht zwingend erforderlich, dass die Anzahl bei jedem Erhöhungsschritt um die gleiche Zahl von Zylindern erhöht wird. So ist es beispielsweise möglich, zunächst ausgehend von dem Neuzustand des Verbrennungsmotors, in dem keine Nacheinspritzung erfolgt, in einem einzigen Zylinder eine Nacheinspritzung vorzusehen, wenn ein vorherbestimmter Schwellenwert erreicht oder überschritten wird. Wird ein nächster Schwellenwert erreicht oder überschritten, ist es möglich, beispielsweise in zwei zusätzlichen Zylindern eine Nacheinspritzung zu aktivieren. Auch andere Abfolgen von Erhöhungsschritten sind bedarfsgerecht und insbesondere abgestimmt auf die für den konkreten Verbrennungsmotor typische Erhöhung der Partikelemission möglich. Dabei werden bevorzugt stets nur so wenige Injektoren wie möglich durch eine Nacheinspritzung belastet, die Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder wird also möglichst klein gehalten. Eine steigende Partikelemission wird demnach insbesondere bevorzugt nicht überkompensiert.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass die Zylinder, in denen eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, also die nacheinspritzenden Zylinder, gleichmäßig über eine gesamte Zündfolge aller Zylinder verteilt gewählt werden. Dabei weisen die Zylinder des Verbrennungsmotors eine definierte Zündfolge auf, in der sie nacheinander von einem ersten bis zu einem letzten Zylinder gezündet werden. Nach dem letzten Zylinder wird wiederum der erste Zylinder gezündet. Sind nun die nacheinspritzenden Zylinder nicht gleichmäßig über die Zündfolge verteilt, hat dies eine deutlich wahrnehmbare Geräuschentwicklung und ein Auftreten von Drehschwingungen

zur Folge, weil das in einem Arbeitstakt der nacheinspritzenden Zylinder erzeugte Drehmoment von dem Drehmoment verschieden ist, welches in einem Arbeitstakt der nicht nacheinspritzenden Zylinder erzeugt wird. Daher werden die nacheinspritzenden Zylinder in der Zündfolge vorzugsweise derart gleichmäßig verteilt, dass zwischen allen Paaren nacheinander zündender, nacheinspritzender Zylinder eine gleiche Zahl von nicht nacheinspritzenden Zylindern in der Zündfolge vorgesehen ist.

Wird beispielsweise ein Verbrennungsmotor mit zwölf Zylindern so betrieben, dass bei zwei Zylindern eine Nacheinspritzung verwirklicht wird, werden diese derart gleichmäßig über die gesamte Zündfolge aufgeteilt, dass auf einen Zylinder mit Nacheinspritzung fünf Zylinder folgen, in denen keine Nacheinspritzung durchgeführt wird. Beispielsweise wird in dem ersten und in dem siebten Zylinder der Zündfolge eine Nacheinspritzung durchgeführt, während in den zweiten bis sechsten und achten bis zwölften Zylindern keine Nacheinspritzung durchgeführt wird. Wird bei dem Beispiel des Verbrennungsmotors mit zwölf Zylindern in vier Zylindern eine Nacheinspritzung durchgeführt, sind in der Zündfolge vorzugsweise zwischen zwei nacheinspritzenden Zylindern jeweils zwei Zylinder vorgesehen, in welchen keine Nacheinspritzung durchgeführt wird. Beispielsweise sind dann die nacheinspritzenden Zylinder in der Zündfolge der erste, der vierte, der siebte und der zehnte Zylinder.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass für einen ersten Zylinder, in dem eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, nach einem vorherbestimmten, vorzugsweise einstellbaren Zeitintervall die Nacheinspritzung beendet wird. Zugleich wird für einen zweiten Zylinder, in dem zuvor keine Nacheinspritzung durchgeführt wurde, die Nacheinspritzung aktiviert. Nach dem vorherbestimmten Zeitintervall wird demnach der nacheinspritzende Zylinder getauscht; der Zylinder, in dem konkret die Nacheinspritzung durchgeführt wird, wird also gewechselt. Dies hat zur Folge, dass die zusätzliche Belastung der Injektoren durch die Nacheinspritzung über mehr als einen Zylinder verteilt werden kann, wobei die Nacheinspritzung nicht permanent in ein und demselben Zylinder durchgeführt wird, sodass auch nicht ständig derselbe Injektor belastet wird. Vorzugsweise wird als zweiter Zylinder ein Zylinder gewählt, der dem ersten Zylinder in der Zündfolge unmittelbar nachfolgt oder unmittelbar vorausgeht. Die Durchführung der Nacheinspritzung wird somit – entlang der Zündfolge gesehen – quasi um eine Position verschoben. Besonders bevorzugt erfolgt dieser Wechsel nach jedem erneuten Ablauf des vorherbestimmten Zeitintervalls erneut. Auf diese Weise ist es

möglich, möglichst gleichmäßig alle Zylinder bezüglich der Nacheinspritzung durchzuwechseln und so den hierdurch hervorgerufenen, zusätzlichen Injektorverschleiß gleichmäßig über den gesamten Verbrennungsmotor zu verteilen.

In diesem Zusammenhang wird ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass nach dem vorherbestimmten Zeitintervall alle nacheinspritzenden Zylinder ausgewechselt, mithin durch Zylinder ersetzt werden, in denen zuvor keine Nacheinspritzung durchgeführt wurde. Auch in diesem Fall wird für jeden nacheinspritzenden Zylinder vorzugsweise ein Nachfolger bestimmt, der in der Zündfolge unmittelbar benachbart angeordnet ist. Die Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder bleibt dabei erhalten. Das Wechseln der nacheinspritzenden Zylinder dient somit nicht der Erhöhung der Anzahl der nacheinspritzenden Zylindern, sondern einer gleichmäßigen Verteilung des Injektorenverschleißes.

Bei dem Beispiel eines Verbrennungsmotors mit zwölf Zylindern, bei dem beispielsweise zunächst der erste und der siebte Zylinder als nacheinspritzende Zylinder ausgewählt sind, werden diese vorzugsweise nach einem vorherbestimmten Zeitintervall durch den zweiten und den achten Zylinder in der Zündfolge ersetzt. Nach einem weiteren vorherbestimmten Zeitintervall werden diese wiederum vorzugsweise durch den dritten und den neunten Zylinder in der Zündfolge abgelöst. Diese wiederum werden nach dem vorherbestimmten Zeitintervall bevorzugt durch den vierten und den zehnten Zylinder abgelöst, die wiederum nach dem vorherbestimmten Zeitintervall durch den fünften und den elften Zylinder abgelöst werden. Schließlich wird nach dem vorherbestimmten Zeitintervall in dem fünften und dem elften Zylinder die Nacheinspritzung deaktiviert, wobei zugleich die Nacheinspritzung in dem sechsten und dem zwölften Zylinder aktiviert wird. Nach einem weiteren Verstreichen des vorherbestimmten Zeitintervalls wird die Nacheinspritzung wiederum in dem sechsten und dem zwölften Zylinder deaktiviert, wobei sie zugleich erneut in dem ersten und dem siebten Zylinder aktiviert wird.

Es zeigt sich insgesamt, dass auf diese Weise eine rollierende Nacheinspritzung verwirklicht wird, wobei die nacheinspritzenden Zylinder beständig durchgewechselt werden, um den Injektorverschleiß gleichmäßig über den gesamten Verbrennungsmotor zu verteilen und so insgesamt die Lebensdauer der Injektoren und damit auch des Verbrennungsmotors zu erhöhen.

Das vorherbestimmte, vorzugsweise einstellbare Zeitintervall wird vorzugsweise für jeden Wechsel gleich gewählt. Es beträgt bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens mindestens 0,25 s bis höchstens 2 min, vorzugsweise mindestens 0,5 s bis höchstens 1 min. Die nacheinspritzenden Zylinder werden somit insbesondere nicht nach jedem Einspritzereignis gewechselt, sondern nach dem vorherbestimmten Zeitintervall, welches so bemessen ist, dass es bevorzugt eine Vielzahl von Einspritzereignissen beziehungsweise Arbeitsspielen oder Umdrehungen des Verbrennungsmotors umfasst.

Es ist möglich, dass eine Erhöhung der Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder zeitlich so terminiert wird, dass sie mit einem Wechsel der nacheinspritzenden Zylinder zusammenfällt. Wird also ein Schwellenwert erreicht oder überschritten, kann vorgesehen sein, dass ausgehend von diesem Zeitpunkt solange gewartet wird, bis das vorherbestimmte Zeitintervall endet und die nacheinspritzenden Zylinder gewechselt werden. Zugleich kann dann die Zahl der einspritzenden Zylinder erhöht werden. Alternativ ist es möglich, das vorherbestimmte Zeitintervall bei Erreichen oder Überschreiten des Schwellenwerts zu verkürzen oder zu verlängern, insbesondere den Wechsel einschließlich einer Erhöhung der Anzahl nacheinspritzender Zylinder sofort durchzuführen. Alternativ ist es möglich, dass die Erhöhung der Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder unabhängig von dem Wechsel der nacheinspritzenden Zylinder durchgeführt wird.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, dass sich dadurch auszeichnet, dass ein Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors abhängig von der Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder berechnet wird. Dabei wird für eine Motorsteuerung ein Kennfeld verwendet, das von dem aktuell vorliegenden Wirkungsgrad abhängt. Es zeigt sich, dass der Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors abnimmt, sobald in einem Zylinder eine Nacheinspritzung durchgeführt wird. Hierbei ist wesentlich, dass zur Bestimmung des Wirkungsgrads die pro Arbeitsspiel einem Zylinder zugeführte Kraftstoffmenge in Bezug auf das in dem Zylinder erzeugte Drehmoment beziehungsweise die von dem Zylinder abgegebene Leistung betrachtet wird. Da die Nacheinspritzung zu einem Zeitpunkt – gemessen in Grad Kurbelwelle – erfolgt, zudem eine Verbrennung des nacheingespritzten Kraftstoffs keine oder nur eine geringe Drehmomentwirkung erzielen kann, ist folglich der Wirkungsgrad eines nacheinspritzenden Zylinders und somit auch der Gesamtwirkungsgrad des Verbrennungsmotors herabgesetzt. Soll daher bei Aktivierung der Nacheinspritzung eine Leistung des Verbrennungsmotors erhalten

bleiben, muss zumindest dem nacheinspritzenden Zylinder insgesamt eine erhöhte Kraftstoffmenge zugeführt werden.

Eine einem Zylinder pro Arbeitsspiel zugeführte Kraftstoffmenge wird daher abhängig von dem aktuellen Wirkungsgrad insbesondere anhand des diesem Wirkungsgrad zugeordneten Kennfelds angepasst. Dabei ist es möglich, die Kraftstoffmenge lediglich für die nacheinspritzenden Zylinder anzupassen. Alternativ ist bevorzugt vorgesehen, dass die Kraftstoffmenge für alle Zylinder angepasst wird. Der durch die Nacheinspritzung auftretende Wirkungsgradverlust des Verbrennungsmotors kann dabei dividiert werden durch die Gesamtzahl der Zylinder, wobei jedem Zylinder – unabhängig davon, ob es sich um einen nacheinspritzenden oder um einen nicht nacheinspritzenden Zylinder handelt – eine entsprechend erhöhte Kraftstoffmenge zugeführt werden. Es ist so möglich, den Wirkungsgradverlust durch eine homogene und gleichmäßig über den gesamten Verbrennungsmotor verteilte Erhöhung der Kraftstoffmenge auszugleichen.

Für einen ordnungsgemäßen Betrieb des Verbrennungsmotors ist es essentiell, dass zu jedem Betriebszeitpunkt ein Kennfeld für die Motorsteuerung ausgewählt wird, welches dem tatsächlich vorliegenden Wirkungsgrad entspricht. Insbesondere muss die interne Leistung beziehungsweise das im Motorsteuergerät erfasste Drehmoment der realen Abgabeleistung entsprechen, weil ansonsten insbesondere bei einem drehzahlgeregelten Verbrennungsmotor andere Betriebsparameter wie beispielsweise ein Einspritzbeginn oder ein Einspritzdruck aufgrund des falschen Kennfeldes geändert werden, sodass der Motor zwar noch in der Lage ist, eine einzuregelnde Solldrehzahl zu halten, jedoch vorherbestimmte Abgaswerte nicht mehr einhalten kann. Mithilfe des richtigen Kennfelds, welches dem tatsächlichen, aktuellen Wirkungsgrad entspricht, ist es dagegen möglich, die einem Zylinder pro Arbeitsspiel zugeführte Kraftstoffmenge insbesondere so anzupassen, dass vorzugsweise eine Veränderung anderer Betriebsparameter im gleichen Lastpunkt vermieden wird. Es ist dann möglich, insbesondere die Drehzahl des Motors auf einen Sollwert zu regeln und trotz des veränderten Wirkungsgrads vorherbestimmte Abgaswerte einzuhalten.

In diesem Zusammenhang wird ein Verfahren bevorzugt, dass sich dadurch auszeichnet, dass der Wirkungsgrad nach folgender Gleichung berechnet wird:

$$\eta = a(1 - K) + bK \quad (1)$$

Hierbei bezeichnet η den aktuellen Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors unter Berücksichtigung der Zahl der aktuellen nacheinspritzenden Zylinder. Der Parameter a kennzeichnet den Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors in einem Zustand, in dem in keinem Zylinder eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, und der Parameter b kennzeichnet den Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors in einem Betriebszustand, bei welchem in allen Zylindern eine Nacheinspritzung durchgeführt wird. Der Parameter K bezeichnet den Quotienten aus der Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder geteilt durch die Gesamtzahl der Zylinder des Verbrennungsmotors.

Es zeigt sich ohne Weiteres, dass der Parameter $K = 0$ ist, wenn – insbesondere im Neuzustand des Verbrennungsmotors – in keinem Zylinder eine Nacheinspritzung durchgeführt wird. In diesem Fall entspricht der aktuelle Wirkungsgrad η dem Parameter a . Ist dagegen in allen Zylindern des Verbrennungsmotors eine Nacheinspritzung aktiviert, ist der Wert des Quotienten $K = 1$. In diesem Fall entspricht der aktuelle Wirkungsgrad η dem Parameter b . Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass ein linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder und dem Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors besteht.

Das Kennfeld des Verbrennungsmotors wird entsprechend dem mithilfe der Gleichung (1) berechneten Wirkungsgrads ausgewählt.

Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, dass sich dadurch auszeichnet, dass abhängig von einer Anzahl und/oder Art aktivierter Turbolader verschiedene Kennfelder für den Verbrennungsmotor verwendet werden. Insbesondere werden der Wert des Parameters a und auch der Wert des Verbrennungsmotors b , also die Wirkungsgrade für den Verbrennungsmotor in dem Betriebszustand, in dem in keinem Zylinder eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, und für den Verbrennungsmotor in dem Betriebszustand, in dem in allen Zylindern eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, abhängig von der Anzahl und/oder Art aktivierter Turbolader, mithin von einem Turboladerzustand, verschieden gewählt. Der Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors hängt nämlich wesentlich von dem Turboladerzustand ab, mithin davon, wie viele und/oder welche Turbolader, beispielsweise Hochdruck- oder Niederdruckturbolader bei zwei- oder mehrstufiger Aufladung, aktiviert sind. Hierbei kann auch die Stellung eines Ventils berücksichtigt werden, welches eine Umströmung eines Hochdruckturboladers zu

einem Niederdruckturbolader hin ermöglicht, mithin ein sogenanntes Waste Gate beziehungsweise ein Hochdruckturbinen-Bypass. Somit wird bevorzugt für jeden Turboladerzustand ein separater Wirkungsgrad und somit ein separates Kennfeld zur Motorsteuerung oder Motorregelung herangezogen.

Die Aufgabe wird schließlich auch gelöst, indem ein Motorsteuergerät für einen Verbrennungsmotor mit den Merkmalen des Anspruchs 9 geschaffen wird. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass es eingerichtet ist zur Durchführung eines Verfahrens nach einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen. Hierdurch verwirklichen sich in Zusammenhang mit dem Motorsteuergerät die Vorteile, die bereits im Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert wurden.

Insbesondere ermöglichen das Verfahren und das Motorsteuergerät, dass der Verbrennungsmotor eine zukünftig geltende, nächste Stufe in den erlaubten Grenzwerten für die Partikelemission einhalten kann, ohne dass überhaupt ein Partikelfilter oder ein zusätzlicher oder größerer Partikelfilter vorgesehen werden muss.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische, diagrammatische Darstellung einer Partikelemission aufgetragen gegen die Motorlaufzeit mit und ohne Durchführung des Verfahrens, und

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Berechnung eines Wirkungsgrads des Verbrennungsmotors abhängig von einer Anzahl nacheinspritzender Zylinder.

Figur 1 zeigt eine schematische, diagrammatische Darstellung einer Partikelemission PE eines Verbrennungsmotors aufgetragen gegen eine Laufzeit τ_m des Verbrennungsmotors. Eine durchgezogene Gerade 1 beschreibt die Entwicklung der Partikelemission aufgrund der Alterung des Verbrennungsmotors, wenn keine Maßnahmen zur Reduzierung getroffen werden, insbesondere ohne Durchführung des hier vorgeschlagenen Verfahrens. Ausgehend von einer Partikelemission im Neuzustand des Verbrennungsmotors, der im Schnittpunkt der Ordinate mit der Abszisse des

dargestellten Koordinatensystems vorliegt, steigt die Partikelemission mit der Laufzeit kontinuierlich, hier im Wesentlichen linear an.

Die Laufzeit τ_m des Verbrennungsmotors wird unterteilt in Laufzeitabschnitte, die durch vorherbestimmte Schwellenwerte σ voneinander abgegrenzt sind. In Figur 1 dargestellt sind Schwellenwerte σ_1 , σ_2 und σ_3 , durch welche vier Abschnitte der Laufzeit τ_m voneinander abgegrenzt werden.

Vom Neuzustand des Verbrennungsmotors bis zu dem Zeitpunkt, an welchem die Laufzeit τ_m den ersten vorherbestimmten Schwellenwert σ_1 erreicht oder überschreitet, wird bei der in Figur 1 dargestellten, bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens in keinem Zylinder eine Nacheinspritzung durchgeführt. Entsprechend ist eine Anzahl n von nacheinspritzenden Zylindern des Verbrennungsmotors gleich Null. Der Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors entspricht hier einem Parameter a , wobei dessen konkreter Wert wiederum abhängig ist von einem Turboladerzustand, insbesondere von einer Anzahl und/oder Art aktivierter Turbolader.

Nach Erreichen oder Überschreiten des ersten Schwellenwertes σ_1 wird bei der dargestellten Ausführungsform des Verfahrens die Anzahl n auf zwei erhöht, mithin wird in zwei Zylindern des Verbrennungsmotors eine Nacheinspritzung durchgeführt. Diese sind vorzugsweise gleichmäßig über eine gesamte Zündfolge aller Zylinder verteilt. Insbesondere wechseln die Zylinder, in denen eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, vorzugsweise in vorherbestimmten Zeitintervallen, es wird also eine rollierende Nacheinspritzung durchgeführt.

Aufgrund der Nacheinspritzung sinkt die Partikelemission in dem Zeitpunkt σ_1 sprunghaft, um anschließend bedingt durch die allgemeine Alterung des Verbrennungsmotors wiederum stetig, hier vorzugsweise im Wesentlichen linear zuzunehmen. Der Verlauf der Partikelemission bei Durchführung des hier vorgeschlagenen Verfahrens wird in Figur 1 durch eine strichpunktierte Kurve 3 beschrieben.

Wird in zwei Zylindern eine Nacheinspritzung durchgeführt, weist der Verbrennungsmotor einen Wirkungsgrad η_2 auf, dessen konkreter Wert wiederum abhängig von einem Turboladerzustand ist.

Erreicht oder überschreitet die Lebenszeit τ_m des Verbrennungsmotors einen zweiten Schwellenwert σ_2 , wird bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel die Anzahl n der einspritzenden Zylinder um 1 erhöht, sodass sie nun 3 beträgt. Entsprechend sinkt im Zeitpunkt σ_2 die Partikelemission wiederum sprunghaft, wobei sie danach alterungsbedingt wiederum stetig, hier im Wesentlichen linear ansteigt. Wird in drei Zylindern eine Nacheinspritzung durchgeführt, weist der Verbrennungsmotor einen Wirkungsgrad η_3 auf, dessen konkreter Wert wiederum abhängig ist von einem Turboladerzustand.

Erreicht oder überschreitet die Laufzeit τ_m des Verbrennungsmotors einen dritten Schwellenwert σ_3 , wird bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel die Anzahl n um zwei Zylinder erhöht, sodass sie nun fünf beträgt. Im Zeitpunkt σ_3 sinkt die Partikelemission wiederum sprunghaft, um danach alterungsbedingt stetig, hier insbesondere im Wesentlichen linear anzusteigen. Der Verbrennungsmotor weist mit fünf nacheinspritzenden Zylindern einen Wirkungsgrad η_5 auf, der wiederum in Hinblick auf seinen konkreten Wert abhängig ist von einem Turboladerzustand.

Es ist möglich, das Verfahren so fortzusetzen, bis entweder eine vorherbestimmte, maximale Laufzeit des Verbrennungsmotors erreicht ist, oder bis in allen Zylindern des Verbrennungsmotors eine Nacheinspritzung durchgeführt wird. Ist dieser Betriebszustand erreicht, ist es im Folgenden selbstverständlich nicht mehr möglich, die Anzahl $n = N$ der Zylinder, in denen eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, weiter zu erhöhen.

Anhand von Figur 1 wird deutlich, dass die Inkremente in der Anzahl n bei Erreichen oder Überschreiten der vorherbestimmten Schwellenwerte nicht identisch sein müssen. Es sind jedoch Ausführungsformen des Verfahrens denkbar, bei denen die Inkremente identisch sind, oder bei denen von den hier dargestellten abweichende Inkremente gewählt werden. Wesentlich ist hier, dass die Zahl der nacheinspritzenden Zylinder während der Laufzeit des Verbrennungsmotors schrittweise erhöht wird, um die mit der Laufzeit τ_m zunehmende Partikelemission zu reduzieren, wobei bevorzugt so wenige Injektoren wie möglich durch eine Nacheinspritzung belastet werden.

Wichtig ist auch, dass die nacheinspritzenden Zylinder jeweils nach Ablauf vorherbestimmter Zeitintervalle gewechselt werden, sodass quasi eine rollierende

Nacheinspritzung verwirklicht und eine zusätzliche Belastung der Injektoren durch die Nachspritzereignisse gleichmäßig über den gesamten Verbrennungsmotor verteilt wird.

Bei dem in Figur 1 dargestellten Verfahren wird die Anzahl n ausschließlich in Abhängigkeit der Laufzeit erhöht, wobei die Laufzeit in Betriebsstunden oder als Streckenleistung gemessen werden kann. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, die Anzahl n von einer Partikelkonzentration im Abgas abhängig zu machen, deren Wert zumindest in vorzugsweise vorherbestimmten Zeitintervallen, besonders bevorzugt jedoch kontinuierlich gemessen wird. Auch hierbei ist es möglich, vorherbestimmte Schwellenwerte zu definieren, bei deren Erreichen oder Überschreiten die Anzahl n um ein vorherbestimmtes oder von dem Wert der Partikelkonzentration abhängiges Inkrement erhöht wird. Ferner ist es möglich, die Anzahl n in Abhängigkeit der Laufzeit mindestens einer Motorkomponente, vorzugsweise mindestens eines Injektors, in Abhängigkeit von einer Streckenleistung und/oder von einem Lastprofil zu erhöhen. Bei allen Ausführungsformen ist bevorzugt vorgesehen, vorherbestimmte Schwellenwerte zu definieren, bei deren Erreichen oder Überschreiten die Anzahl n erhöht wird.

Figur 2 zeigt eine diagrammatische Darstellung der Berechnung eines momentanen Wirkungsgrads des Verbrennungsmotors in Abhängigkeit von der Anzahl n . Dabei wird zunächst – abhängig von einem Turboladerzustand – ein Wirkungsgrad $\eta[n = 0]$ des Verbrennungsmotors für den Betriebszustand berechnet, in dem für keinen Zylinder eine Nacheinspritzung durchgeführt wird. Der Wert dieses Wirkungsgrads ist vorzugsweise gleich oder proportional zu dem Wert eines Parameters a , welcher der weiteren Berechnung zugrunde gelegt wird. Entsprechend wird ein Wert für einen Parameter b gleich oder proportional zu einem – von einem konkreten Turboladerzustand abhängigen – Wirkungsgrad $\eta[n = N]$ für den Betriebszustand des Verbrennungsmotors, bei welchem in allen Zylindern, deren Gesamtzahl durch N bezeichnet ist, eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, bestimmt. Auch der Parameter b geht in nachfolgende Berechnung ein. Für den momentan vorliegenden Betriebszustand wird ein Quotient K berechnet, der sich aus der Anzahl n der nacheinspritzenden Zylinder dividiert durch die Gesamtzahl N aller Zylinder des Verbrennungsmotors ergibt.

Somit errechnet sich der Wirkungsgrad des aktuell vorliegenden Betriebszustands mit einer Anzahl n nacheinspritzender Zylinder gemäß der Formel $a(1-K) + bK$, mithin nach der oben angegebenen Gleichung (1). Es wird demnach davon ausgegangen, dass ein

linearer Zusammenhang zwischen dem Wirkungsgrad η_n und der Anzahl n der nacheinspritzenden Zylinder existiert.

Anhand der hier beschriebenen Zusammenhänge wird auch klar, dass der Wirkungsgrad η_n abhängig ist von einem Turboladerzustand des Verbrennungsmotors. Dies wird berücksichtigt, indem die Werte für die Parameter a und b abhängig von der Anzahl und/oder Art aktivierter Turbolader gewählt werden.

Insgesamt ist es so möglich, in jedem Betriebszustand des Verbrennungsmotors auf ein Kennfeld zurückzugreifen, welches auf dem momentan tatsächlich vorliegenden Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors beruht. Auf diese Weise kann die den Zylindern pro Arbeitsspiel zugeführte Kraftstoffmenge abhängig von dem aktuellen Wirkungsgrad η_n so angepasst werden, dass bei gleichem Lastpunkt eine Veränderung anderer Betriebsparameter wie beispielsweise eines Einspritzbeginns oder eines Einspritzdrucks vermieden wird. Es ist daher möglich, trotz einer Veränderung der Anzahl n und/oder einer Veränderung des Turboladerzustands des Verbrennungsmotors stets gleiche, vorherbestimmte Abgaswerte in identischen Lastpunkten zu realisieren.

Insgesamt zeigt sich, dass es mithilfe des Verfahrens möglich ist, unter weitgehender Vermeidung eines Injektorenverschleißes eine alterungsbedingte Partikelemission des Verbrennungsmotors zu reduzieren. Dabei ist es vorzugsweise möglich, auch eine zukünftig geltende, nächste Stufe maximal zulässiger Partikelemissionswerte in dem Verbrennungsmotor einzuhalten, ohne dass hierfür überhaupt ein Partikelfilter oder ein zusätzlicher, größerer Partikelfilter vorgesehen werden muss.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung der Partikelemission eines Verbrennungsmotors über dessen Lebensdauer, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Anzahl von Zylindern des Verbrennungsmotors, in denen eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, während der Lebensdauer des Verbrennungsmotors schrittweise erhöht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Zylinder mit Nacheinspritzung schrittweise in Abhängigkeit von einer Laufzeit mindestens einer Motorkomponente, vorzugsweise des Verbrennungsmotors selbst, von einer Streckenleistung, von einem Lastprofil und/oder von einem Wert für eine Partikelkonzentration im Abgas, der zumindest in Zeitintervallen, vorzugsweise kontinuierlich gemessen wird, erhöht wird, wobei vorzugsweise eine Erhöhung der Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder erfolgt, wenn ein vorherbestimmter Schwellenwert der betrachteten Größe erreicht oder überschritten wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinder, in denen eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, gleichmäßig über eine gesamte Zündfolge aller Zylinder verteilt gewählt werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für einen ersten Zylinder, in dem eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, nach einem vorherbestimmten Zeitintervall die Nacheinspritzung beendet wird, wobei zugleich für einen zweiten Zylinder, in dem zuvor keine Nacheinspritzung durchgeführt wurde, die Nacheinspritzung aktiviert wird, wobei als zweiter Zylinder

vorzugsweise ein dem ersten Zylinder in der Zündfolge unmittelbar nachfolgender oder vorseilender Zylinder gewählt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach dem vorherbestimmten Zeitintervall alle Zylinder, in denen eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, entsprechend durch Zylinder ersetzt werden, in denen zuvor keine Nacheinspritzung durchgeführt wurde, wobei die Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder erhalten bleibt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors abhängig von der Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder berechnet wird, wobei für eine Motorsteuerung ein Kennfeld verwendet wird, das von dem aktuell vorliegenden Wirkungsgrad abhängt, wobei insbesondere eine einem Zylinder pro Arbeitsspiel zugeführte Kraftstoffmenge abhängig von dem aktuellen Wirkungsgrad für die nacheinspritzenden Zylinder oder für alle Zylinder angepasst wird, sodass vorzugsweise eine Veränderung anderer Betriebsparameter im gleichen Lastpunkt vermieden wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wirkungsgrad nach der Formel $\eta = a(1-K) + bK$ berechnet wird, wobei η den aktuellen Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors, a den Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors unter der Bedingung, dass in keinem Zylinder eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, und b den Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors unter der Bedingung, dass in allen Zylindern eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, sowie K den Quotienten aus der Anzahl der nacheinspritzenden Zylinder dividiert durch die Gesamtzahl der Zylinder des Verbrennungsmotors bezeichnet.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass abhängig von einer Anzahl und/oder Art aktivierter Turbolader verschiedene Wirkungsgrade für den Verbrennungsmotor unter der Bedingung, dass in keinem Zylinder eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, und für den Verbrennungsmotor unter der Bedingung, dass in jedem Zylinder eine Nacheinspritzung durchgeführt wird, gewählt werden.

9. Motorsteuergerät für einen Verbrennungsmotor, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Motorsteuergerät eingerichtet ist zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

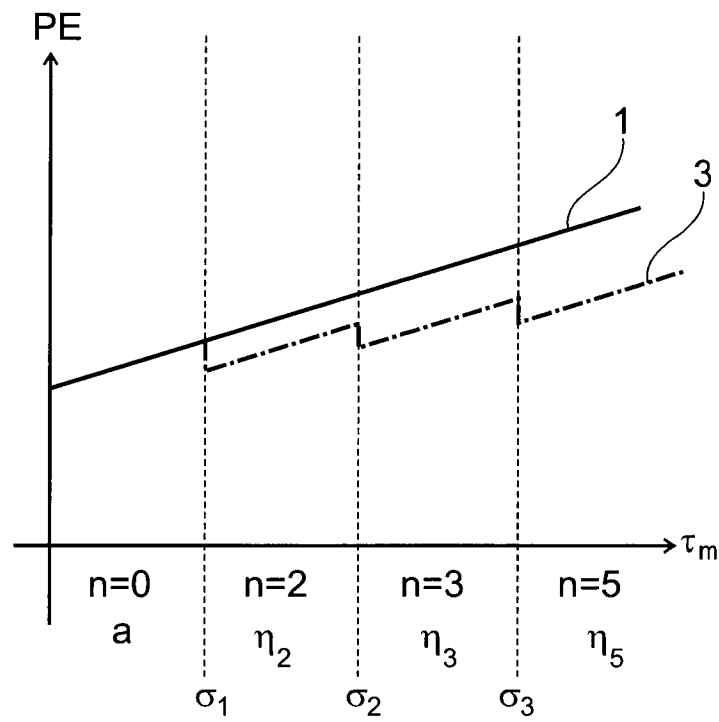


Fig. 1

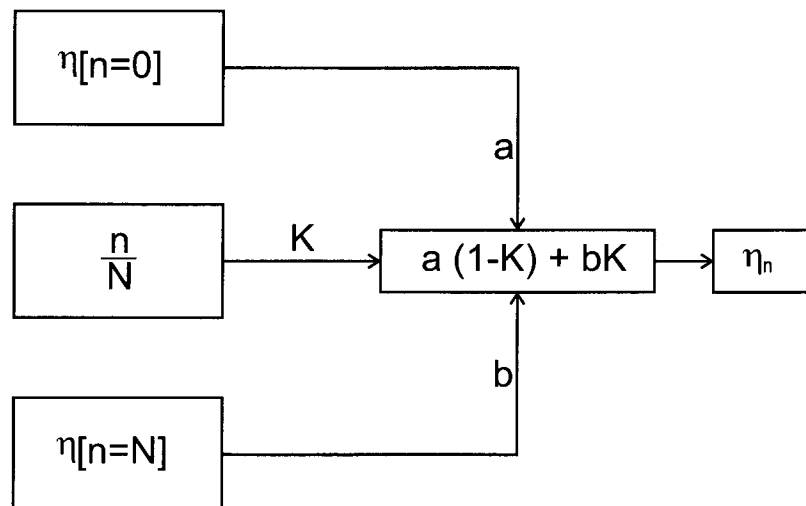


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/003464

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02D41/40 F02D41/00
 ADD. F02D41/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 048 342 A2 (INT ENGINE INTELLECTUAL PROP [US]) 15 April 2009 (2009-04-15) the whole document	1-9
X	DE 102 21 165 A1 (CATERPILLAR INC) 2 January 2003 (2003-01-02) paragraphs [0009], [0010], [0021], [0031] - paragraphs [0036] - [0041]; figures 1-3 paragraphs [0046] - [0052], [0058] - [0060]	1-9
X	JP 2006 105055 A (MITSUBISHI MOTORS CORP) 20 April 2006 (2006-04-20) abstract; figure 2	1,9
	-/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 February 2014

Date of mailing of the international search report

18/02/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ossanna, Luca

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/003464

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2005/001266 A1 (SIEMENS AG [DE]; RABL HANS-PETER [DE]; ZHANG HONG [DE]) 6 January 2005 (2005-01-06) pages 2,4-7,10; figures 2,3,5,6 -----	1-9
A	EP 1 132 584 A2 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 12 September 2001 (2001-09-12) the whole document -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/003464

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 2048342	A2	15-04-2009	EP	2048342 A2		15-04-2009
			JP	2009092072 A		30-04-2009
			US	2009090099 A1		09-04-2009

DE 10221165	A1	02-01-2003	DE	10221165 A1		02-01-2003
			GB	2382622 A		04-06-2003
			US	2002194837 A1		26-12-2002

JP 2006105055	A	20-04-2006	NONE			

WO 2005001266	A1	06-01-2005	DE	10329328 A1		03-02-2005
			WO	2005001266 A1		06-01-2005

EP 1132584	A2	12-09-2001	AT	354722 T		15-03-2007
			EP	1132584 A2		12-09-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/003464

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F02D41/40 F02D41/00

ADD. F02D41/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F02D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 048 342 A2 (INT ENGINE INTELLECTUAL PROP [US]) 15. April 2009 (2009-04-15) das ganze Dokument	1-9
X	DE 102 21 165 A1 (CATERPILLAR INC) 2. Januar 2003 (2003-01-02) Absätze [0009], [0010], [0021], [0031] - Absätze [0036] - [0041]; Abbildungen 1-3 Absätze [0046] - [0052], [0058] - [0060]	1-9
X	JP 2006 105055 A (MITSUBISHI MOTORS CORP) 20. April 2006 (2006-04-20) Zusammenfassung; Abbildung 2	1,9
A	WO 2005/001266 A1 (SIEMENS AG [DE]; RABL HANS-PETER [DE]; ZHANG HONG [DE]) 6. Januar 2005 (2005-01-06) Seiten 2,4-7,10; Abbildungen 2,3,5,6	1-9
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Februar 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/02/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ossanna, Luca

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 132 584 A2 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 12. September 2001 (2001-09-12) das ganze Dokument -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/003464

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2048342	A2	15-04-2009	EP 2048342 A2 15-04-2009
			JP 2009092072 A 30-04-2009
			US 2009090099 A1 09-04-2009
DE 10221165	A1	02-01-2003	DE 10221165 A1 02-01-2003
			GB 2382622 A 04-06-2003
			US 2002194837 A1 26-12-2002
JP 2006105055	A	20-04-2006	KEINE
WO 2005001266	A1	06-01-2005	DE 10329328 A1 03-02-2005
			WO 2005001266 A1 06-01-2005
EP 1132584	A2	12-09-2001	AT 354722 T 15-03-2007
			EP 1132584 A2 12-09-2001